

NAWOZY MINERALNE — NACZELNYM ZAGADNIENIEM W ROLNICTWIE¹

Zagadnienie zwiększenia zastosowania nawozów mineralnych, jako najskuteczniejszego środka technicznego umożliwiającego podniesienie wydajności i produkcji w rolnictwie — stanowi treść trzeciej grupy tematycznej Raportu FAO.

Celem badań przeprowadzonych przez FAO było wykazanie roli nawozów w produkcji rolniczej jako czynnika postępu technicznego, w szczególności w krajach rozwijających się gospodarczo, jak też omówienie różnych czynników gospodarczych i społecznych wpływających na zapotrzebowanie na nawozy.

Obok roli nawozów w podnoszeniu plonów poszczególnych roślin uprawnych, podkreślono znaczenie nawozów w rozszerzaniu asortymentu upraw. Dzięki zastosowaniu nawozów mineralnych została umożliwiona uprawa na tych terenach, na których dawniej nie było to możliwe z powodu braku jednego lub kilku składników pokarmowych roślin. Przykładem może tu służyć np. rozwinięcie uprawy tytoniu w wielu okolicach Stanów Zjednoczonych, jako bezpośredni wynik wprowadzenia nawozów mineralnych. Jeszcze jaskrawszy przykład stanowi wprowadzenie produkcji trzciny cukrowej na Hawajach, która stała się opłacalna jedynie dzięki zastosowaniu odpowiednich nawozów mineralnych. Innym przykładem rozszerzenia zakresu produkcji roślinnej jest zastosowanie nawozów mineralnych w gospodarce pastwiskowej i łąkowej. W pewnych warunkach glebowych i klimatycznych, gospodarstwa nastawione na produkcję roślin uprawnych, dzięki zastosowaniu nawozów mineralnych zostały przekształcone na gospodarstwa z rozwiniętą hodowlą. W wielu wypadkach ugory i nieużytki zamieniono na wydajne grunty orne lub pastwiska. W ten sposób, obok podniesienia wydajności, zwiększenie zastosowania nawozów mineralnych w krajach słabiej rozwiniętych gospodarczo, może sprzyjać różnicowaniu kierunków produkcji.

Zmiany w strukturze zasiewów i systemie gospodarki, powstałe w wyniku zastosowania nawozów, mogą mieć jeszcze inne następstwa. Nowe rośliny mogą oznaczać nowe możliwości dla mechanizacji i zmian w strukturze zapotrzebowania na pracę. Zastosowanie nawozów może się również odbić na zwiększeniu kapitału gospodarstwa w postaci żywego inwentarza, budynków, ogrodzeń elektrycznych na pastwiskach itp.

Ważne jest również długofalowe oddziaływanie nawozów mineralnych na glebę, w szczególności z punktu widzenia jej żyzności. Intensywniejszy wzrost roślin wywiera wpływ ochronny na glebę.

Zastosowanie nawozów mineralnych powinno iść równoległe z innymi nakładami, np. na nawadnianie i różnicowanie kierunku produkcji. Doświadczenia przeprowadzone z pszenicą w Meksyku stanowią przykład konieczności stosowania zabiegów kompleksowych. W jednym przypadku na głębokich glebach aluwialnych, ubogich w dostępny azot, samo nawadnianie podniosło plony jedynie o 5%; obfite zastosowanie azotu bez nawadniania — dało 3,7-krotną podwyżkę, podczas gdy zastosowanie nawozów azotowych i nawadniania jednocześnie przyniosło prawie 7-krotne zwiększenie zbiorów.

Innego przykładu dostarcza szereg doświadczeń z kukurydzą przeprowadzonych w Indii w okresie 1956—1958. Mieszkańcy kukurydzy uprawiane bez żadnych dodatkowych zabiegów dały dwukrotnie więcej suchego łuskanego ziarna, aniżeli naj-

¹ Opracowane na podstawie: The state of Food and Agriculture 1963, FAO, Rzym 1963, s. 227.

lepszą odmianą miejscową. Po zastosowaniu 80 kg N na 1 ha, przeciętny plon był czterokrotnie wyższy od plonu odmiany miejscowej.

W naturalnych granicach danego rejonu na zastosowanie nawozów wpływają warunki ekonomiczne i społeczne. Przy braku warunków ekonomicznych, nawet w sprzyjających warunkach klimatycznych rolnicy nie stosują optymalnych dawek nawozowych. Gdy jednak istnieje prawdopodobieństwo, że stosunek pomiędzy ceną nawozów a przyszłymi dochodami z wyprodukowanych przy ich pomocy zbiorów ukształtuje się w sposób zapewniający dostateczny wzrost nakładów — wówczas można spodziewać się szerokiego stosowania nawozów mineralnych, nawet przy niesprzyjających warunkach naturalnych.

Rozmiary stosowania nawozów i zabiegów melioracyjnych przez rolników zależą również od zasobów finansowych. Odnosi się to w szczególności do krajów słabiej rozwiniętych gospodarczo, gdzie konieczna jest akcja państwowa, udostępniająca rolnikom środki finansowe w postaci kredytów niskoprocentowych. Pomoc państwa może być także potrzebna dla zorganizowania właściwej i w porę przeprowadzonej dystrybucji nawozów. W wielu krajach dojrzała już świadomość, że polityka i program w zakresie stosowania nawozów mineralnych są potężnym narzędziem kierowania użytkowaniem gruntów oraz produkcją roślinną i zwierzęcą w pożądanym kierunku.

Wzrost zastosowania nawozów mineralnych

W 1945/46 r. zużycie nawozów mineralnych (w składnikach N, P₂O₅ i K₂O) wynosiło 7,5 mln ton na powierzchni użytków rolnych równej 1,1 mld ha. W 1960/61 r., przy ogólnym zwiększeniu powierzchni uprawnej o 200 mln ha, tj. o 20%, zastosowanie nawozów mineralnych wyniosło 28,5 mln ton, tj. 280%, przy czym zwiększyła się zarówno powierzchnia nawożona (obliczenie dokonane bez Chin), jak i wysokość dawki nawozowej na 1 ha.

W ciągu 12 lat, tj. od 1949 do 1960/61 r. najpoważniejszy wzrost zużycia nawozów mineralnych osiągnięto w Europie (6,4 mln t), następnie w Ameryce Północnej (3,4 mln t). W tym Dalekim Wschodzie (2,0 mln t) i w Związku Radzieckim (blisko 1,3 mln t). W tym samym czasie wzrost zużycia nawozów w Ameryce Łacińskiej i Oceanii wyniósł odpowiednio 700 i 420 tys. ton, zaś w Afryce i na Bliskim Wschodzie — około 250 tys. ton. Znaczny udział w zwiększonym zastosowaniu nawozów mineralnych ma nawożenie użytków zielonych. W Australii zwiększenie zużycia nawozów związane jest z intensywnym nawożeniem użytków zielonych, które w 1953/54 wyniosło ca 1,0 mln ton, zaś w 1960/61 r. — ok. 1,5 mln ton.

W okresie 1949—1961 wzrost produkcji i zużycia nawozów mineralnych wyniósł ok. 130%. Dane za okres 1961/62 wykazują dalszy wzrost o nieco ponad 8%.

Najszybszy wzrost wykazuje zużycie azotu, przewyższając po raz pierwszy w 1960/61 r. użycie fosforu. Udział potasu w ogólnej ilości nawozów nie wykazuje zmian i kształtuje się na poziomie ok. 30% światowej konsumpcji nawozów.

Obserwuje się dążenie do stosowania bardziej skoncentrowanych form nawozów, takich, jak mocznik, skoncentrowany superfosfat i wysokoprocentowa sól potasowa.

Światowe zużycie mączki fosforytowej (wrażone w składniku P₂O₅) wyniosło w 1960/61 r. 900 tys. ton, co stanowi 30% wzrost w stosunku do 1955/56 r. Związek Radziecki i Stany Zjednoczone są najpoważniejszymi konsumentami fosforytów i zużywają 50% światowej produkcji. Z pozostałych rejonów świata — blisko $\frac{3}{5}$ przypada na Europę, znaczne ilości zużywane są na Dalekim Wschodzie, w Afryce i w Ameryce Łacińskiej.

Zużycie poszczególnych rodzajów nawozów w różnych rejonach świata podlega znacznym wahaniom; np. w Europie i w Związku Radzieckim trzy podstawowe składniki pokarmowe: azot, fosfor i potas zużywane są prawie w jednakowej ilości, podczas gdy na Dalekim Wschodzie, posiadającym znaczne powierzchnie pod uprawą nawadnianą (ryż), główny nacisk położony został na azot, aczkolwiek w ostatnich latach zwiększa się zapotrzebowanie na fosfor i potas. W Australii i Nowej Zelandii warunki glebowe powodują nadal powszechne użycie nawozów fosforowych, ponieważ następuje tam poważne wiązanie azotu przez koniczyny.

Tabela 1 zawiera dane dotyczące intensyfikacji nawożenia w stosunku do powierzchni uprawnej. Uderza w niej wysoka koncentracja zużycia nawozów w Euro-

Tabela 1
Przeciętne zużycie nawozów mineralnych w stosunku do powierzchni użytków rolnych

Rejony	Przeciętne zużycie na 1 000 ha uż. rolnych					
	1949/50			1960/61		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	w tonach					
Europa Zachodnia	13,8	21,2	17,2	30,7	33,9	32,2
Austria	9,6	18,2	13,4	26,6	50,2	49,3
Belgia	78,3	90,0	93,1	105,9	93,7	160,7
Dania	22,2	30,4	31,3	44,5	41,7	64,9
Finlandia	5,4	22,4	10,1	24,1	39,5	28,9
Francja	10,7	17,5	16,8	26,4	41,0	35,0
NRF	37,9	38,8	68,1	72,3	76,3	117,7
Włochy	7,8	16,1	1,0	21,0	23,9	6,6
Holandia	131,2	114,6	140,2	215,2	107,9	133,0
Norwegia	45,4	45,6	61,8	59,4	55,3	63,6
Szwecja	15,9	26,4	14,3	29,5	28,8	23,2
Anglia	28,1	55,6	32,2	62,9	57,2	60,0
Jugosławia	0,9	1,2	0,3	9,9	6,4	11,6
Europa Wsch. i ZSRR	2,4	2,7	3,7	6,1	5,9	6,7
Czechosłowacja	7,7	10,0	11,4	26,9	29,3	35,2
NRD	36,4	18,7	67,0	48,4	44,7	99,8
Polska	5,6	6,1	9,9	16,9	12,9	19,2
Zw. Radziecki	1,4	1,9	1,9	3,4	3,6	3,4
Ameryka Północna	4,4	9,0	4,9	12,6	11,4	9,2
Kanada	0,9	3,1	1,6	2,2	4,0	2,4
St. Zjednoczone	5,1	10,1	5,5	14,8	12,9	10,6
Ameryka Łac.	1,1	1,2	0,5	4,1	2,6	2,3
Brazylia	0,5	1,3	0,4	3,4	4,0	5,6
Chile	1,2	2,6	0,3	4,5	5,4	2,9
Kuba	8,1	5,2	5,8	13,2	9,9	11,3
Peru	22,2	13,9	3,7	21,6	11,2	3,0
Bliski Wschód	2,4	0,7	0,1	3,5	1,2	0,1
Turcja	0,2	0,1	0,1	1,0	0,5	—
ZRA	38,0	5,7	.	71,9	14,5	1,3
Daleki Wschód						
(bez ChRL i KRL)	2,6	1,5	0,7	6,1	2,7	2,9
Cejlon	8,5	0,7	6,1	19,5	1,7	18,0
Taiwan	49,7	13,0	0,5	120,1	42,1	41,7
Japonia	50,6	38,8	20,0	124,0	80,9	98,8
Korea Południowa	50,6	27,3	2,2	104,7	26,5	3,4
Afryka	0,2	0,7	0,2	0,6	1,0	0,4
Oceania	1,1	25,3	0,5	1,0	28,6	3,6
Światowe dane	3,3	5,2	3,5	7,9	7,6	6,6

pie, Ameryce Północnej i Oceanii (75% światowej produkcji) oraz niskie zużycie nawozów w Ameryce Łacińskiej, na Dalekim Wschodzie i Bliskim Wschodzie, Związku Radzieckim i Afryce (25% światowej produkcji nawozów przy 71% światowej powierzchni uprawnej). Najwyższe zużycie nawozów, liczone w czystym składniku na 1 ha użytków rolnych wykazują kraje europejskie (84 kg) w porównaniu z 33 kg w Oceanii i Ameryce Północnej, 12 kg na Dalekim Wschodzie, 10 kg w Związku Radzieckim, 4,7 kg na Bliskim Wschodzie i 2,4 kg w Afryce.

Aczkolwiek przeciętne zużycie nawozów jest w Europie stosunkowo wysokie, to jednak w obrębie kontynentu zachodzą dość znaczne różnice. Największą intensywnością nawożenia odznacza się Holandia — wykazując 456 kg, następnie NRF — 266 kg, Francja — 102 kg.

Stany Zjednoczone zużywają ok. 95% globalnej ilości nawozów przypadającej na Amerykę Północną, podczas gdy Kanada, poważny producent zbóż, zużywa stosunkowo niewielkie ilości nawozów.

Znaczne wahania w intensywności nawożenia występują również na Dalekim Wschodzie i w Afryce.

Analizując dane zawarte w tabeli 1 należy jednak pamiętać, że dane dotyczące intensywności nawożenia na 1 ha użytków rolnych należy traktować jako przybliżone, ponieważ zachodzą nieraz znaczne różnice w definicji pojęcia użytków rolnych, np. na dane dla Oceanii wpływa klasyfikacja stosowana w Australii, gdzie do użytków rolnych zalicza się wszystkie użytki zielone zarówno trwałe, jak i w zmianowaniu.

Rodzaje stosowanych nawozów mineralnych są bardzo różne. Saletra chilijska, jedyne bogate źródło naturalnego azotu, używana była w ciągu przeszło 100 lat i dziś jeszcze stanowi poważną pozycję w gospodarce narodowej tego kraju, a także w rolnictwie światowym, choć już w znacznie mniejszym stopniu. Saletra chilijska, stanowiąca w 19 w. praktycznie jedyny nawóz azotowy, spotkała się z konkurencją produktu ubocznego — siarczanu amonowego i w mniejszym stopniu — ze strony azotanu wapniowego w okresie bezpośrednio przed I wojną światową. Około 1920 r. została silnie zagrożona przez nowe możliwości produkcji nawozów syntetycznych, których rozwój stymulowany był dodatkowo przez działanie wojenne.

Siarczan amonowy pozostał głównym nawozem na Dalekim i Bliskim Wschodzie, Związku Radzieckim i w Ameryce Łacińskiej. W Europie i Ameryce Północnej jest on zastępowany przez azotan amonowy. Kraje skandynawskie i ZRA są zwolennikami azotanu wapniowego, który może być produkowany dzięki taniej energii elektrycznej.

Zużycie nawozów płynnych, głównie wodnego roztworu amoniaku gazowego, wzrasta gwałtownie w Stanach Zjednoczonych, gdzie np. stosunek 1953/54 r. do 1960/61 wyraża się ilością 800 tys.: 1 637 tys. ton, czyli wzrost wynosi 61%.

W Związku Radzieckim, Danii, NRF i Czechosłowacji, na Tajwanie, w Izraelu i w Polsce wzrasta również użycie płynnych nawozów azotowych. Zanotować również należy wzrost zainteresowania mocznikiem, np. w Japonii, Korei, w Indiach, Meksyku i Sudanie.

W grupie nawozów fosforowych najpopularniejszy jest nadal superfosfat, choć również zużycie superfosfatu stężonego wzrasta szybko w Europie, Ameryce Północnej i na Dalekim Wschodzie kosztem superfosfatu zwykłego i tomasyny, aczkolwiek w takich krajach, jak np. NRF, Francja i Belgia więcej fosforu zużywa się w postaci tomasyny, aniżeli w innych postaciach nawozowych. Jest to wynik produkcji znacznej ilości tego nawozu jako odpadku przy wytopie stali. W porównaniu z okresem 1905/06 r., kiedy tomasyna stanowiła 40% światowego zużycia nawozów fosforowych, obecnie zaspakają ona jedynie 15% tego zapotrzebowania.

Charakterystyczną cechą współczesnych kierunków w nawożeniu mineralnym jest rosnąca popularność mieszanek (nawozów kompleksowych), w szczególności w Europie i w Stanach Zjednoczonych.

Szczegółowy przegląd światowego zużycia nawozów mineralnych wskazuje, że gospodarka w tym zakresie stale się rozwija. Potwierdza to szereg wielkich obiektów przemysłowych w budowie i rosące zapotrzebowanie. Wydaje się jednak, że nawet kraje zaawansowane w stosowaniu nawozów mineralnych nie osiągnęły jeszcze optymalnego poziomu. Największą przyszłość, w szczególności na Dalekim Wschodzie, mają prawdopodobnie nawozy azotowe.

Nawożenie a technika rolnicza

Zwiększone plony roślin uprawnych, osiągnięte w ciągu ostatnich 30 lat, są wynikiem nie tylko odpowiednio wyższego zastosowania nawozów mineralnych, ale również polepszenia odmian i metod uprawy, ochrony roślin itp.

Liczne doświadczenia z nawozami mineralnymi, przeprowadzone w różnych warunkach klimatycznych, wykazały znaczenie równowagi zachodzącej pomiędzy składnikami pokarmowymi w glebie; w szczególności w warunkach wilgotnych gleb tropikalnych, z reguły ubogich we wszystkie te składniki. Zastosowanie tam jednego lub dwóch składników łatwo może spowodować zachwianie tej równowagi. Na ogół można stwierdzić, że właśnie brak jednego z podstawowych składników mineralnych w glebie stanowi przyczynę ograniczonych plonów i zastosowanie nawet większych dawek innych składników nie zrekompensuje braku tego podstawowego składnika. Na brak składników pokarmowych w glebie rośliny reagują widocznymi oznakami, zależnie od gatunku rośliny i rodzaju braku, a więc może to być zmiana zabarwienia, zahamowanie rozwoju itp.

Poza podstawowymi składnikami pokarmowymi, do rozwoju roślin niezbędne są pewne ilości mikroelementów, których dozowanie musi być dokonywane z wielką ostrożnością.

W zasadzie koszt przeciętnego podstawowego nawożenia zaliczany jest do kosztów produkcji danego plonu. Przy optymalnym nawożeniu mamy do czynienia ze znacznym działaniem następczym nawozów, które jest różne w zależności od rodzaju nawozu. I tak np. nawozy azotowe wykazują niewielkie lub prawie żadne działanie następcze na plony. Natomiast nawozy fosforowe i potasowe, zazwyczaj obficie stosowane pod warzywa, ziemniaki i inne korzeniowe, wykazują bardziej trwałe oddziaływanie.

Tabela 2 zawiera przybliżone ilości podstawowych składników N, P₂O₅ i K₂O pobrane przez poszczególne rośliny uprawne. Dane te nie zawierają ilości składnika znalezionej w korzeniach. W przypadku pastewnych roślin motylkowych, takich, jak: lucerna, koniczyna i soja ilości pobranego potasu przekroczyły trzykrotnie ilości pobranego fosforu. Ilości pobranego azotu i potasu są bardzo zbliżone. O ile przed wysiewem nastąpiło odpowiednie zaprawienie nasion i została zapewniona dostateczna ilość wapna, fosforu i potasu, znaczne ilości azotu zostaną pobrane przez rośliny motylkowe z powietrza. Z drugiej strony — np. kukurydza wymaga stosunkowo znacznej ilości azotu w porównaniu z zapotrzebowaniem na potas i fosfor.

Stosunek ilości użytych nawozów do poziomu produkcji został naświetlony w ramach prac FAO przez M. S. Williamsa i J. W. Coustona, którzy w ciągu 1956—1958 r. przeprowadzili badania na podstawie danych z 41 krajów.

Badania te wykazały, że szereg krajów, dla których wskaźniki kształtowały się poniżej 100 (Brazylia, Indie, Meksyk, Pakistan, Filipiny, Afryka Południowa i Syria) używają poniżej 20 kg czystego składnika na 1 ha. Większość krajów o wysokich wskaźnikach produkcji (NRF, Japonia, Belgia, Luksemburg, Holandia, Nowa Zelandia) wykazywała stosunkowo wysokie wskaźniki zużycia nawozów. Na 41 krajów, poddanych badaniom, 10 wykazywało dość znaczne odchylenia od średniej krzywej, z tego Ceylon, Austria, Dania, Szwajcaria i ZRA posiadały wskaźniki o wyższej wartości, zaś Portugalia, Południowa Afryka, Korea i Taiwan wskaźniki kształtowały się niżej od średniej krzywej. Dania i Szwajcaria, znajdujące się w korzystnych warunkach naturalnych, które posiadają stosunkowo wysokie wskaźniki (300—400), wykazują średnie zużycie nawozów 100—200 kg na 1 ha. Oba te kraje posiadają również korzystne warunki dla uprawy i hodowli.

Wysoki import pasz wpływa również dodatnio na polepszenie gleby. I tak np. przeciętny import pasz do Danii obliczany jest na 70 000 ton składników pokarmowych roślin.

Z drugiej strony — takie kraje, jak Portugalia, Południowa Afryka, Australia, położone w mniej korzystnych warunkach naturalnych, dzięki zastosowaniu nawozów mineralnych i nowoczesnych metod uprawy, osiągnęły wysokie wyniki produkcyjne.

Poziom naturalnej żyzności gleby różni się znacznie w poszczególnych rejonach świata. W warunkach tropikalnych żyzność jest zwykle niższa niż w strefie umiarkowanej. 170 000 badań przeprowadzonych w Indii wykazało, że prawie wszystkie gleby cierpią na niedostatek azotu, 82% na brak fosforu, zaś 65% na brak potasu.

Tabela 2

Przybliżone ilości pobranego przez niektóre rośliny azotu, fosforu i potasu
(Dane ze Stanów Zjednoczonych)

Rośliny	Plon	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	kg/hektar			
Lucerna	3 600	82	18	82
Stokłosa bezostna	1 800	18	7	23
Koniczyna czerwona	1 800	45	7	36
Kukurydza: ziarno	2 700	41	16	11
łodygi	2 700	28	11	43
Trawy	1 800	18	9	28
Owies: ziarno	1 200	22	9	7
słoma	1 800	11	4	32
Ziemniaki: kłęby	10 800	36	4	36
Soja: ziarno	2 200	66	16	25
słoma	1 800	41	11	36
Tytoń: liście	700	18	3	18
łodygi	700	9	2	9
Pszemica: ziarno	2 200	22	11	7
słoma	1 800	9	3	18

W Indii np. jedynie dzięki zastosowaniu nawozów produkcja środków żywnościowych wzrosła w ciągu 5 lat z 4,6 do 11,2 mln ton.

Fizyczne czynniki wpływające na nawożenie

Własności chemiczne gleby. Do czynników fizycznych, wywierających wpływ na nawożenie, należą: chemiczne i fizyczne własności gleby warunkujące ilość i dostępność podstawowych elementów decydujących o życiu i wzroście roślin. Każdy z nich odgrywa, jak wiadomo, specyficzną rolę w poszczególnych stadiach życia rośliny i decyduje o jej plonie.

Dalej artykuł w „The State of Food and Agriculture” zajmuje się szczegółowo zagadnieniami: a) urodzajności, a więc wartości rolniczej różnych grup glebowych występujących w poszczególnych strefach klimatycznych. Została załączona tabela, która podaje sposoby nawożenia i zabiegi melioracyjne odpowiednie dla każdej z grup; b) kwasowości (poziom pH), jako czynnikiem wpływającym na stopień przyswajalności składników pokarmowych przez rośliny. Drobnoustroje przejawiają najwyższą aktywność w warunkach kwasowości zbliżonej do 0 lub lekko zakwaszonej. Ponieważ azot, siarka i część przyswajalnego fosforu pochodzi z rozkładu substancji organicznej przez drobnoustroje, dostępność tych składników uwarunkowana jest niższą kwasowością. Brodawkowe bakterie korzeniowe roślin motylkowych strefy umiarkowanej najlepiej rozwijają się w lekko alkalicznych warunkach, a więc warunki te sprzyjają wiązaniu azotu. Kwaśne gleby redukują w znacznym stopniu przyswajalność fosforu; w glebach tych słabsze jest również działanie nawozów mineralnych, ponieważ wzrost roślin jest zahamowany toksycznymi ilościami aluminium i manganu. Wapnowanie gleb kwaśnych nie tylko usuwa tę toksyczność, ale zwiększa przyswajalność fosforu i stymuluje aktywność bakterii. Istnieje jednak czasem niebezpieczeństwo przewapnowania gleb, któremu towarzyszą straty azotu powstałe na skutek nierozłożenia amoniaku zawartego w nawozach, amoniak ten pozostanie na powierzchni gleby.

Do rozdziału tego dołączona została również mapa gleb świata, ukazująca różnice klimatyczne i glebowe w poszczególnych rejonach rolniczych.

Fizyczne własności gleb. W miarę coraz częstszego rozpatrywania gleby z punktu widzenia stanowiska dla roślin, coraz mniej ważne staje się zagadnienie pierwotnej żyzności gleb, znaczenia natomiast nabierają jej fizyczne własności, decydujące o stosunku roślina-powietrze-woda.

Struktura gleby stanowi czynnik decydujący o warunkach uprawy, ponieważ od niej zależą: tworzenie się warstwy nieprzepuszczalnej gleby i krążenie wody w glebie. Warunki te posiadają specjalne znaczenie przy rozpatrywaniu zagadnienia nawożenia w planie prac rolnych.

Substancja organiczna. Pojęcie substancji organicznej ma bardzo szerokie znaczenie, ponieważ zalicza się tu wszystkie produkty pochodzenia roślinnego i zwierzęcego znajdujące się w glebie, niezależnie od ich stanu rozkładu, a więc wysoko rozłożone cząstki koloidalne glebowe (próchnica), jak korzenie i części roślin zawierające białko oraz ciała drobnoustrojów, owadów, robaków, cząstki nawozu organicznego itp.

Produktem rozpadu substancji organicznej jest próchnica, która: a) zatrzymuje podstawowe składniki pokarmowe roślin w formie dostępnej dla roślin, b) współdziała z zabiegami uprawowymi w polepszaniu struktury, c) poprawia retencję wodną gleby. Substancja organiczna użyta dla przykrywania gleby zapobiega parowaniu, wymywaniu i tworzeniu się skorupy na powierzchni gleby, stwarzając jednocześnie środowisko dla życia drobnoustrojów oraz utrwalając azot z powietrza i mineralizując azot pochodzenia organicznego.

Najpoważniejszym źródłem substancji organicznej jest roślinność i ona właśnie decyduje o poziomie tej substancji w większym stopniu, aniżeli użyte nawozy. I tak np. gleba prerii jest o wiele bogatsza w substancję organiczną, aniżeli gleby porośnięte lasami.

Innym czynnikiem regulującym zawartość substancji organicznej jest temperatura. W zasadzie, każdemu obniżeniu temperatury powietrza o 10° C, przy istnieniu tych samych pozostałych warunków, towarzyszy dwu lub trzykrotny wzrost ilości substancji organicznej w glebie. Nawozy organiczne, zielone szczątki roślinne, ścieki itp. stosowane są w pierwszym rzędzie raczej jako źródło składników pokarmowych i dla ich dodatniego wpływu na warunki fizyczne gleby, aniżeli dla utrzymania poziomu substancji organicznej w glebie.

Rola nawozu organicznego rozpatrywana jest podwójnie: jako źródło składników pokarmowych i czynnik strukturotwórczy gleby. W opracowaniu FAO została omówiona wartość nawozu organicznego, jego składniki, zdolność rozkładu, skład mineralny. W porównaniu z nawozami mineralnymi pod względem zawartości czystego składnika, nawóz organiczny zawiera mało składników, w szczególności fosforu. Podkreślone natomiast zostały chwastobójcze własności rozkładającego się nawozu organicznego.

Na przykładzie Japonii omówiona została rola kompostu w rolnictwie, zaś ścieków miejskich na przykładzie Chin, gdzie ten system nawożenia ma już przeszło 2 000 lat tradycji. Podkreślone zostały zarówno korzyści, jak i warunki higieniczno-sanitarne, w jakich takie nawożenie może być stosowane.

Rośliny jako źródło azotu. Około 78% objętości powietrza stanowi azot. Bakterie zawarte w brodawkach korzeni roślin motylkowych mają zdolność wiązania tego azotu na użytek tej samej rośliny, lub innych, sąsiednich lub następczych, które użytkują go za pośrednictwem gleby. Ilość azotu związanego zależy od rodzaju gleby i rośliny. Na glebach piaszczystych, ubogich w substancję organiczną, roślina motylkowa musi związać więcej azotu. Ilość ta waha się, w zależności od wymienionych warunków, od 100—200 kg azotu na 1 ha. Przy usunięciu nadziemnej części rośliny np. na siano, następuje częściowe zubożenie gleby w azot, zwykle jednak nie na tyle, ile wyniosłaby uprawa innej, niemotylkowej rośliny. Wzrost rośliny motylkowej, a więc i ilość związanego przez nią azotu, zależy jest od ilości wapna, fosforu, potasu i innych składników pokarmowych zawartych w glebie.

Jednym z najpoważniejszych powodów uprawy roślin motylkowych jest ich zdolność dostarczania glebie azotu. Wraz z rozwojem przemysłu syntetycznych nawozów azotowych zmniejsza się zależność rolnictwa od upraw motylkowych, wobec czego struktura zasiewów może być planowana zgodnie z wymaganiami racjonalnej gospodarki. W tych jednak krajach, gdzie wciąż jeszcze istnieją trudności w zaopatrzeniu rolnictwa w nawozy mineralne, rośliny motylkowe stanowią podstawową pozycję, umożliwiając uprawę roślin niemotylkowych.

Nawozy zielone. Zadaniem uprawy roślin na zielone nawozy jest dostarczenie górnym warstwowi gleby substancji organicznej i środków pokarmowych, pobranych przez te rośliny w głębszych warstwach gleby. Poza tym nawozy te poprawiają strukturę gleby, ułatwiają przenikanie wód deszczowych, przeciwdziałają wymywaniu i wywiewaniu cząsteczek odżywczych. Nawozami zielonymi mogą być rośliny motylkowe, lub mieszanki roślin szybkoorosnących, dających dużą ilość zielonej masy, takie jak sorgo, żyto. Często jednak rośliny niemotylkowe posiadają za mało azotu, aby zapewnić ich szybkie rozłożenie przez drobnoustroje zawarte w glebie. Dodatek nawozów mineralnych przyspiesza z jednej strony wzrost roślin przeznaczonych na nawozy zielone, z drugiej zaś — ułatwia następnie ich rozłożenie w glebie.

Klimat. Klimat jest poważnym czynnikiem kształtującym rodzaj gleby. Określa on również geograficzne granice upraw poszczególnych roślin. W obrębie jednak tych granic czynniki klimatyczne i atmosferyczne, takie jak temperatura opady, parowanie, długość dnia — mają wpływ na zużycie nawozów mineralnych.

Proces nityfikacji przebiega szybciej w temperaturze wyższej, a więc w klimacie chłodniejszym dawki nawozów azotowych muszą być wyższe. Podobnie jest zresztą z innymi podstawowymi składnikami odżywczymi roślin. Temperatura wpływa bezpośrednio na takie procesy życia rośliny, jak fotosynteza, oddychanie, przesiąkanie śródkomórkowe, absorpcja składników pokarmowych z wody, parowanie, działalność enzymów i koagulacja białek. Temperatura wpływa również pośrednio na wzrost roślin przez oddziaływanie na rozwój drobnoustrojów glebowych: wraz ze wzrostem temperatury rośnie aktywność drobnoustrojów. Może ona powodować wyzwalanie pewnych mineralnych składników pokarmowych zawartych w substancji organicznej gleby. Przeciętnie w miarę wzrostu temperatury np. o 10° C aktywność drobnoustrojów wzrasta dwu- lub trzykrotnie. Towarzyszy temu zjawisko odpowiednio szybszego zmniejszania się substancji organicznej w glebie. Dlatego też w warunkach tropikalnych rozkład ten jest tak szybki, że zmineralizowane elementy są szybko wymywane.

Zastosowanie nawozów mineralnych zależne jest w znacznym stopniu również od jakości, intensywności i czasu trwania naswietlenia. Rozróżniamy rośliny krótkiego, średniego i długiego dnia. Ogólnie należałoby oczekiwać, że rośliny rosnące w warunkach długiego dnia wymagają większych dawek nawozowych, np. owies, ziemniaki. Poza tym rejonny o długim dniu często pokrywają się z rejonami o krótkim okresie wegetacji, gdzie rośliny muszą pobrać potrzebne im pokarmy w ciągu krótszego czasu. Na odwrót, rejonny o krótkim dniu przypadają na rejonny o długiej wegetacji. Jednak w warunkach krótkiego dnia, np. w tropikach, stosunek pomiędzy intensywnością światła i pobraniem nawozów jest raczej skomplikowany. Np. doświadczenie przeprowadzone z kakao w Trinidadzie wykazało istnienie pewnych współzależności: w warunkach znacznego zacielenia zaobserwowano niskie zapotrzebowanie na nawozy. W miarę wzrostu intensywności oświetlenia zapotrzebowanie na środki pokarmowe, w szczególności na azot, początkowo wzrastało, a następnie spadało, przy czym maksymalne zapotrzebowanie wystąpiło przy 52% zacieleniu. Przy pełnym oświetleniu słonecznym wpływ nawozów był ograniczony.

Istnieje ścisła zależność pomiędzy zjawiskiem stałej wilgotności gleby a wykorzystaniem nawozów przez rośliny. Jeśli niedostateczna wilgotność gleby jest czynnikiem ograniczającym wzrost rośliny, dodatek nawozu może wywrzeć szkodliwy wpływ, ponieważ spowoduje szybszy wzrost i szybsze wyczerpanie zapasów wody.

Ponieważ duże opady powodują wymywanie składników pokarmowych z gleby, rejonny o takich opadach wymagają intensywniejszego nawożenia. Natomiast w warunkach pustynnych lub półpustynnych zabiegi nawadniające pozwalają na zwiększenie użycia nawozów mineralnych i produkcji roślinnej.

Parowanie zmniejsza zasób wilgotności w glebie. W rejonach o stale wilgotnym podglebiu sezonowe straty wskutek parowania można zrekomensować intensywniejszym nawożeniem i przyspieszoną w ten sposób wegetacją.

Zastosowanie nawozów mineralnych jest ściśle związane ze zjawiskiem chorób i szkodników zagrażających roślinom. Z jednej strony nawożenie stymuluje rozwój szkodników i chwastów, z drugiej — rośliny odpowiednio odżywione są bardziej odporne na ujemne działanie szkodników. Walka z chwastami i szkodnikami może być prowadzona przez połączone działanie nawozów z zastosowaniem cyjanamidu

wapnia (podstawowego składnika azotniaku), lub przez zastosowanie tego środka jako nawozu, działającego jednocześnie jako środek chwasto- i owadobójczy.

Zwiększona produkcja i racjonalizacja wykorzystania nawozów mogą być osiągnięte raczej w warunkach stosowania zmianowania, aniżeli przy systemie powtarzającej się uprawy z roku na rok na tym samym stanowisku, z wyjątkiem niektórych roślin, których uprawa ze względów gospodarczych powinna być prowadzona przez kilka lat na tym samym miejscu. Należą tu: trzcina cukrowa, ryż, drzewa owocowe itp. Zmianowanie umożliwi pełniejsze wykorzystanie nawozów dzięki: a) zwiększeniu ilości substancji organicznej i azotu, b) uprawie roślin zdolnych do pobierania składników pokarmowych z różnych poziomów gleby, c) uprawie roślin o różnych wymaganiach pokarmowych, d) pomocy w walce z erozją, wymywaniem itp., e) zwalczaniu szkodników i chwastów.

W gospodarce hodowlanej plony zużytkowane są przez zwierzęta; zmianowanie oparte tam jest na wykorzystaniu gleby pod pastwiska lub na produkcję mieszanek, traw i motylkowych. Zwierzęta utrzymywane na pastwisku zwracają glebie co najmniej 75% azotu, 80% fosforu i 95% potasu. Część azotu wyparowuje, a tylko 10—20% powierzchni pastwiska pokryte jest nawozem pasących się zwierząt. W gospodarce hodowlanej wymagającej zakupu znacznych ilości pasz jako dodatku do zbóż i pastwisk posiadanych w gospodarstwie, całkowite zapotrzebowanie na nawozy może być niewielkie. W wielu jednak wypadkach, w szczególności tam, gdzie plony ziarna i słomy są sprzątane, do gleby wraca nie więcej, niż 50% składników odżywczych w postaci nawozu. Zwiększenie ilości czystego azotu dają tu rośliny motylkowe; ponieważ nie dodają one jednocześnie ani fosforu ani potasu, gleba powinna być tam zasilana nawozami mineralnymi w obawie przed stopniowym wyjałowieniem.

Czynniki gospodarcze i społeczne wpływające na zastosowanie nawozów

Dla efektywnego stosowania nawozów mineralnych niezbędne jest uwzględnienie czynników gospodarczych i społecznych, takich, jak: 1) stosunek cen nawozów do cen artykułów rolnych na tle ich perspektyw rynkowych, 2) poziom dochodu rolnika, dostępność i koszt kredytu warunkujące początkowe nakłady na nawozy, 3) systemy własności ziemi i 4) systemy rozprowadzania nawozów, decydujące o otrzymaniu ich przez rolników we właściwym czasie. Raport FAO podaje analizę każdego z tych czynników na tle doświadczeń w tym zakresie w różnych rejonach rolniczych na świecie.

Przemysł nawozowy

Światowe źródła nawozów nie grożą jeszcze wyczerpaniem; pomimo to w wielu krajach gospodarczo rozwiniętych dąży się do rozbudowy własnego przemysłu nawozowego. Tendencje te spowodowane są z jednej strony względami strategicznymi z drugiej — dewizowymi. Rozbudowa i perspektywy rozbudowującego się przemysłu nawozowego zależne są jednak od szeregu czynników naturalnych, takich jak np.: taniego miejscowego surowca, warunków klimatycznych, dostatecznej ilości tanich rąk roboczych, komunikacji, przygotowania rynku wewnętrznego do odbioru gotowego produktu itp.

Opr. M. Heintze